

## Квант. минимум

Вопросы, на которые надо отвечать без подготовки. При этом надо знать определения, формулировки утверждений и уметь написать соответствующие формулы. *Неправильный ответ на один из этих вопросов влечет за собой снижение оценки на один балл.*

1. Определение линейного оператора в гильбертовом пространстве. Определение суммы, произведения, коммутатора и антикоммутатора для пары операторов. Определение обратного, эрмитовски сопряженного, унитарного, эрмитового и антиэрмитового операторов. Спектр линейного самосопряженного оператора. Свойства собственных функций и собственных значений эрмитового оператора.
2. Понятия вероятности, плотности вероятности. Понятие состояния квантовой системы и волновой функции. Чистые и смешанные состояния. Физический смысл волновой функции. Вид статистического оператора. Статистический оператор чистого состояния. Операторы физических величин. Вероятностное толкование результатов измерения физических величин. Определенное значение одной и нескольких физических величин. Полный набор физических величин.
3. Операторы координаты, импульса и кинетической энергии. Положительная определенность оператора кинетической энергии. Оператор Гамильтона частицы в потенциальном поле. Функция Гамильтона и оператор Гамильтона частицы в электромагнитном поле.
4. Соотношение неопределенности Гейзенберга для координаты и импульса.
5. Уравнение Эренфеста для средних значений физических величин. Первая и вторая теоремы Эренфеста. Временное и стационарное уравнение Шредингера для волновой функции. Уравнение Лиувилля для статистического оператора. Квантовое уравнение неразрывности.
6. Собственные функции одномерного оператора Гамильтона свободной частицы. Спектр гамильтониана свободной частицы. Монохроматическая плоская волна. Волновой пакет и движение свободной частицы.
7. Вид гамильтониана частицы в потенциальном поле в одномерном случае. Асимптотика волновых функций состояний дискретного и сплошного спектра для потенциалов стремящихся к нулю на бесконечности. Качественный вид спектра энергии для потенциальной ямы, потенциального барьера, периодического потенциала и гармонического осциллятора. Понятия туннельного эффекта и надбарьерного отражения. Энергия и соотношение неопределенности для нулевых колебаний гармонического осциллятора.
8. Определение оператора углового момента. Оператор орбитального момента. Оператор спинного момента. Матрицы Паули. Спиновые функции для спина  $1/2$ .
9. Волновые функции центрального поля. Собственные функции операторов  $\hat{L}^2$  и  $\hat{L}_z$ . Радиальное уравнение Шредингера. Асимптотики радиальных функции в нуле и на бесконечности. Спектр энергий атома водорода. Вырождение уровней энергии частицы в центральном поле.

10. Временное и стационарное уравнения Дирака. Плотность вероятности дираковской частицы. Спектр энергии Дирака свободной частицы. Интерпретация решений уравнения Дирака. Уравнение Дирака для частицы в электромагнитном поле. Качественный вид спектра Дирака для частицы в кулоновском поле. Нерелятивистский предел уравнения Дирака. Оператор магнитного момента электрона в нерелятивистском пределе. Успехи и трудности теории Дирака.
11. Отличие невырожденной и вырожденной стационарных теорий возмущений. Поправка первого порядка к энергии в невырожденном и вырожденном случаях. Отличие эффектов Штарка в центральном поле общего вида и в кулоновском поле. Качественное описание нормального и аномального эффектов Зеемана и эффекта Пашена-Бака. Вариационный принцип Релея-Ритца.
12. Соотношение неопределенностей энергия-время. Индуцированное поглощение, индуцированное и спонтанное излучение света. Амплитуда перехода и формула для вероятности перехода в случае вырожденных начального и конечного состояний. Правила отбора по четности для дипольного электрического перехода.
13. Гамильтониан многочастичной системы. Полная энергия системы невзаимодействующих частиц. Качественное рассмотрение системы двух частиц. Эффективная масса. Энергетические уровни атома водорода как задачи двух тел. Физический смысл адиабатического приближения. Точная формулировка принципа Паули. Формулировка принципа Паули в одноэлектронном приближении.